

DEVELOPMENT OF A FULLY AUTOMATED TRANSPORT AIRCRAFT FUSELAGE MODELLING AND SIZING TOOL USING PYTHON

M. Petsch, D. Kohlgrüber, J. Walther

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)



Wissen für Morgen



Übersicht

1. **Motivation**
2. **Beispiel** – Flugzeugentwurf am DLR
3. **Austausch** – CPACS Datensatz
4. **Toolumgebung** – Rumpfstruktur Auslegung am DLR-BT
5. **Zusammenfassung**
6. **Ausblick**



1. Warum Tools Entwickeln für den Flugzeugvorentwurf?

Emissionen

Aerodynamik



[1]



[5]

Nutzlast



[2]

Struktur



[3]

Flugleistung



[4]

Komplexe Zusammenhänge

Entwurf

[1] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/79/DG1000_glider_crop.jpg

[2] http://assets.geo.de/div/image/61309/02_columbus_popup.jpg

[3] <http://www.ultralightnews.com/frame/elazair-electric-powered-ultralight-aircraft.jpg>

[4] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/US_class_aircraft_carrier_US.jpg

[5] <http://globe-net.com/aircraft-co2-standards-one-step-closer-but-no-take-off-yet/>

1. Warum Tools Entwickeln für den Flugzeugvorentwurf?

- **Aufwand**

Entwicklungszeit neuer Luftfahrzeuge verkürzen.

- **Effizienz/Emissionen**

Abschätzung z.B. Treibstoffverbrauch im Vorentwurf benötigt:

- hochgenaue, numerische Methoden
- komplexe, multidisziplinäre Interaktion

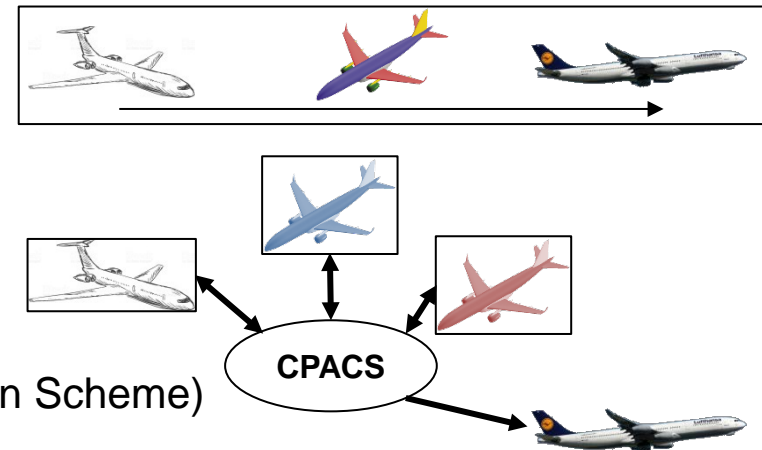
- **Entwicklungsprozess**

- Bisher: Schrittweiser Entwurfsablauf
- Zukünftig: individuelle, multidisziplinäre Tools

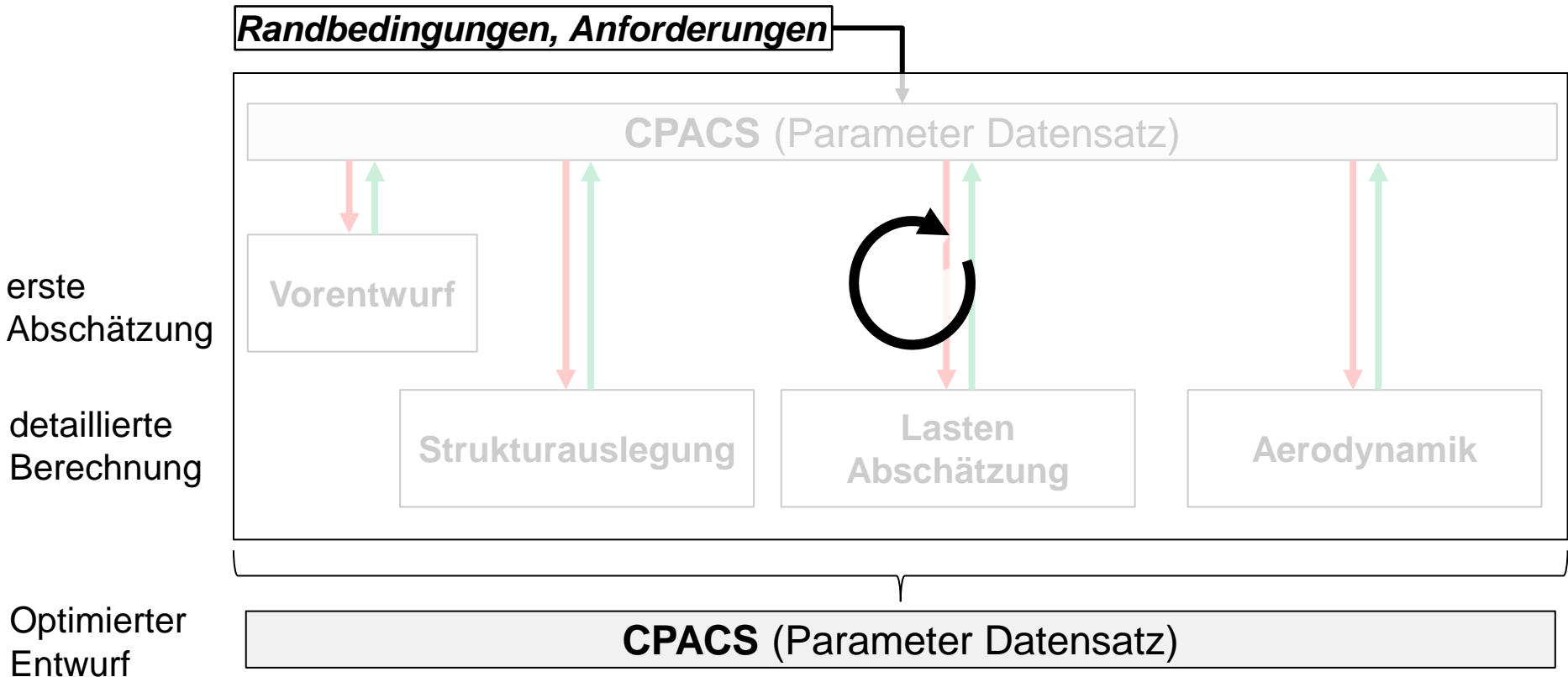
- **Datenaustausch**

XML-Datensatz als Parameteraustausch

= **CPACS** (Common Parametric Aircraft Configuration Scheme)



2. Beispiel MDO (Multidisciplinary Design Optimization) im Flugzeugvorentwurf am DLR



3. CPACS (Common Parametric Aircraft Configuration Scheme)

XML-DATENSATZ

- Geometrie (Oberfläche)
- Struktur (Definitionen)
- Profile (z.B. Balkenprofil für Spant)
- Lasten
- Materialien
- ...

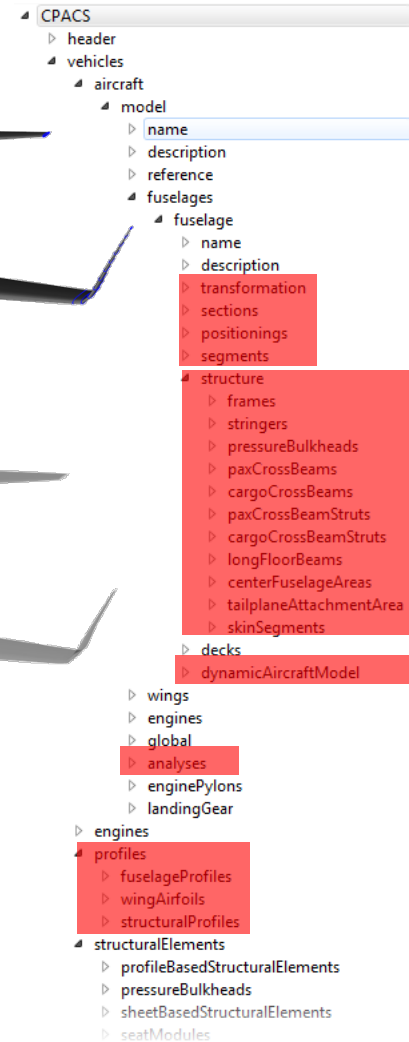
Rumpfprofil

Oberflächen Geometrie

Spant Positionen

Lasten

Balkenprofil



4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

WARUM NEUE TOOLUMGEBUNG?

Tool TRAFUMO existiert bereits [1]

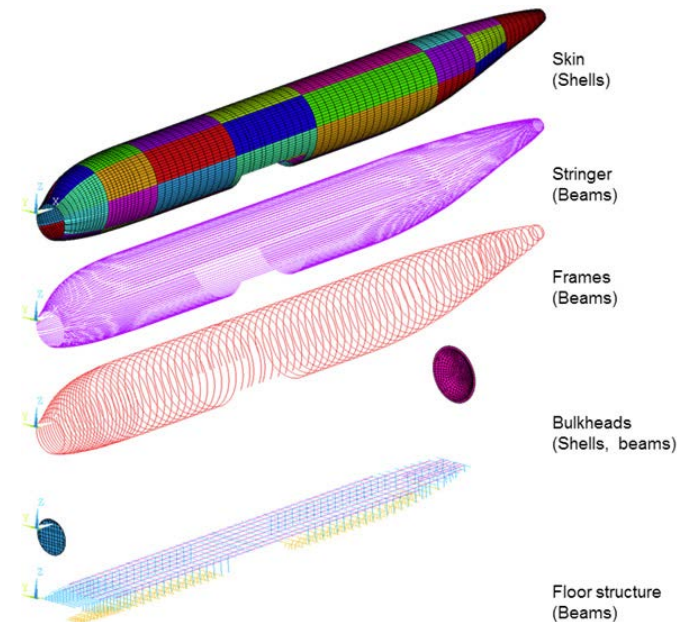
- ANSYS APDL basiert → eingeschränkt, langsam
- Austausch (andere Formate) erschwert
- Umständlich programmiert (durch APDL)

Langsam & Umständlich

FAZIT: NEUENTWICKLUNG PANDORA

- **Python** Programmierung
- **Open source** (Numpy, OCC, VTK, lxml,...)
- **Unabhängig** von kommerzieller Software
- **beliebige FE-Lösungen** integrierbar
- **GUI** zur erleichterten Nutzung
- **Modular** – weitere Einsatzmöglichkeiten
- *In Entwicklung ca. seit 2016...*

Schnell & Offen



Basis Strukturkomponenten TRAFUMO [1]

[1] J.SCHERER, D. KOHLGRÜBER, F. DORBATH, M. SOROUR - A FINITE ELEMENT BASED TOOL CHAIN FOR STRUCTURAL SIZING OF TRANSPORT AIRCRAFT IN PRELIMINARY AIRCRAFT DESIGN“
DLRK 2013, STUTTGART

4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Basispakete

cpacs_data

visualization_tools

math_functions

geometry_core

cpacs_geometry

fe_pyprep

- XML Daten verwalten (Nutzung von lxml Paket)
- Objektorientierter Aufbau

XML-ASCII File

```
<profiles>
  <fuselageProfiles>
    <fuselageProfile uID="fuselageCircleProfileuID">
      <name>Circle</name>
      <description>Profile build up from set of Points on Circle where may Dimensions are
        1..-1</description>
      <pointList>
        <x mapType="vector">0.0;0.1;0.2;0.3;0.4;0.3;0.2;0.1;0.0</x>
```

Python usage

```
obj = root.VEHICLES.PROFILES.FUSELAGEPROFILES[0]
obj.get.uid
```

```
'fuselageCircleProfileuID'
```

```
obj.POINTLIST.X.get.data
```

```
array([ 0. ,  0.1,  0.2,  0.3,  0.4,  0.3,  0.2,  0.1,  0. ])
```

4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Basispakete

cpacs_data

visualization_tools

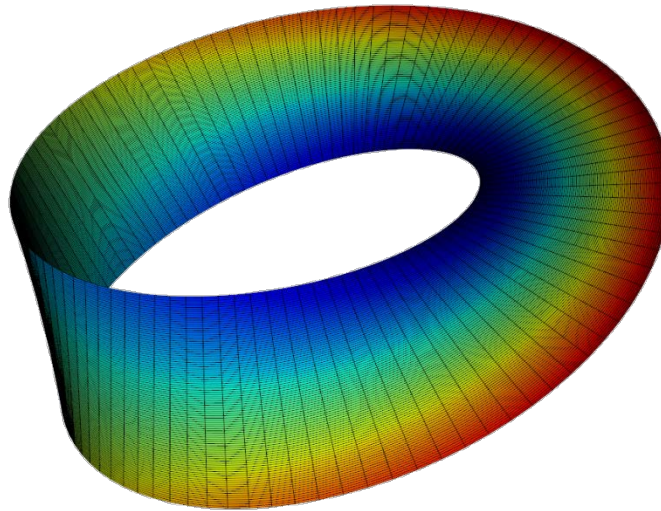
math_functions

geometry_core

cpacs_geometry

fe_pyprep

- 3D Visualisierung (Nutzung von VTK, PyQt)



VTK

VISUALIZATION TOOLKIT

4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Basispakete

cpacs_data

visualization_tools

math_functions

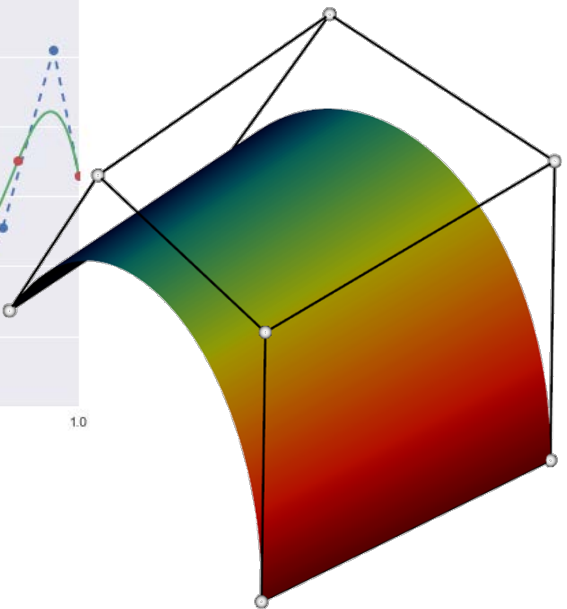
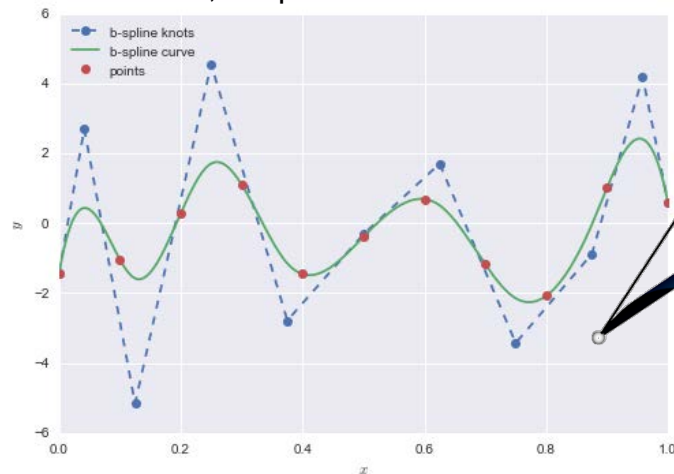
geometry_core

cpacs_geometry

fe_pyprep

- Koordinaten Transformationen
- Interpolationen z.B. B-Spline Kurve/Oberfläche

Knoten, B-Spline-Kurve und Punkte



4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Basispakete

cpacs_data

visualization_tools

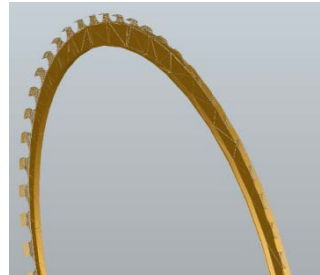
math_functions

geometry_core

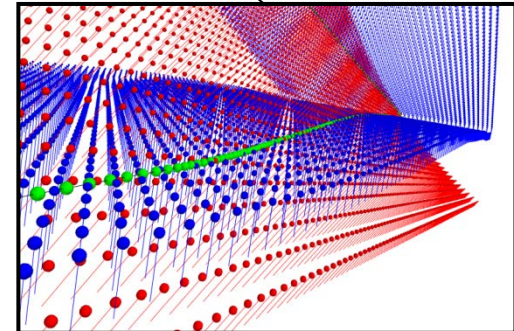
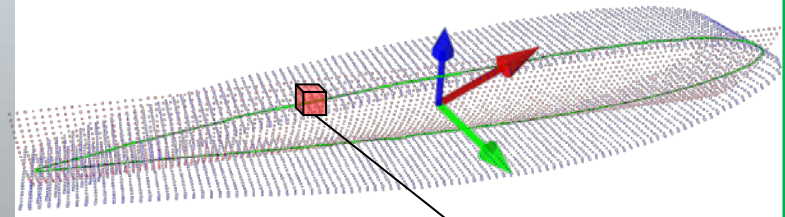
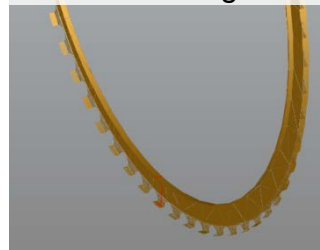
cpacs_geometry

fe_pyprep

- Basis Funktionalitäten zur Geometrie Nutzung
 - OCC (Open Cascade) Hilfsfunktionen
 - Meshbasierte Geometriealgorithmen



Test: Extrudiertes Spantprofil mit Ausschnitte für Stringer in OCC



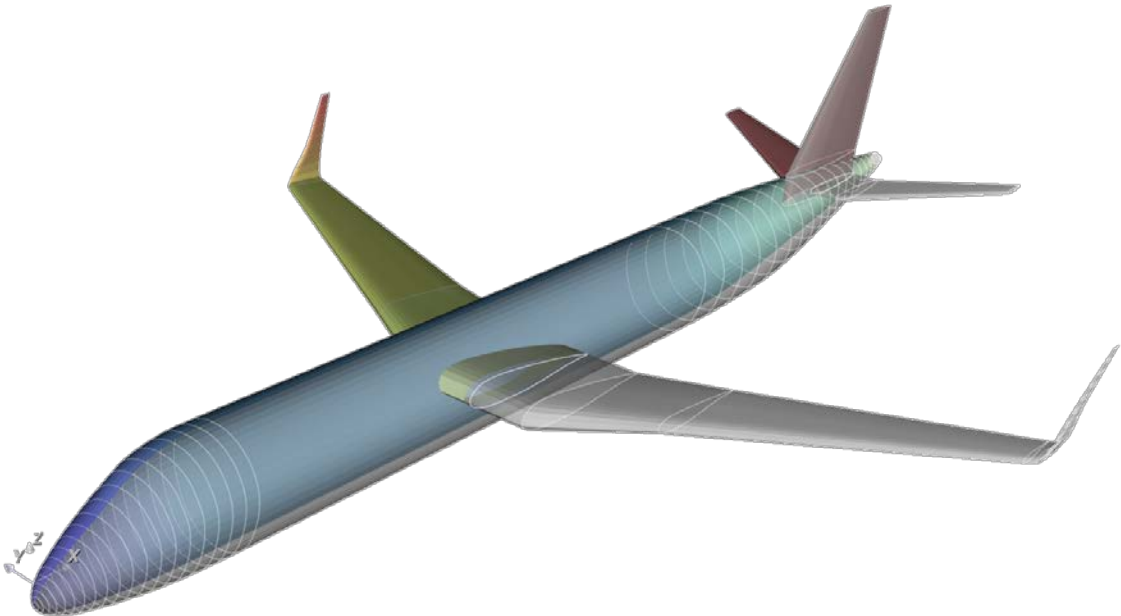
Test: Netzbasierter Verschneidungsalgorithmus

4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Basispakete

cpacs_data	<ul style="list-style-type: none">• Geometriedaten aus CPACS extrahieren<ul style="list-style-type: none">• Profile, Schnitte, Segmente 
visualization_tools	
math_functions	
geometry_core	
cpacs_geometry	
fe_pyprep	

4. Toolumgebung PANDORA

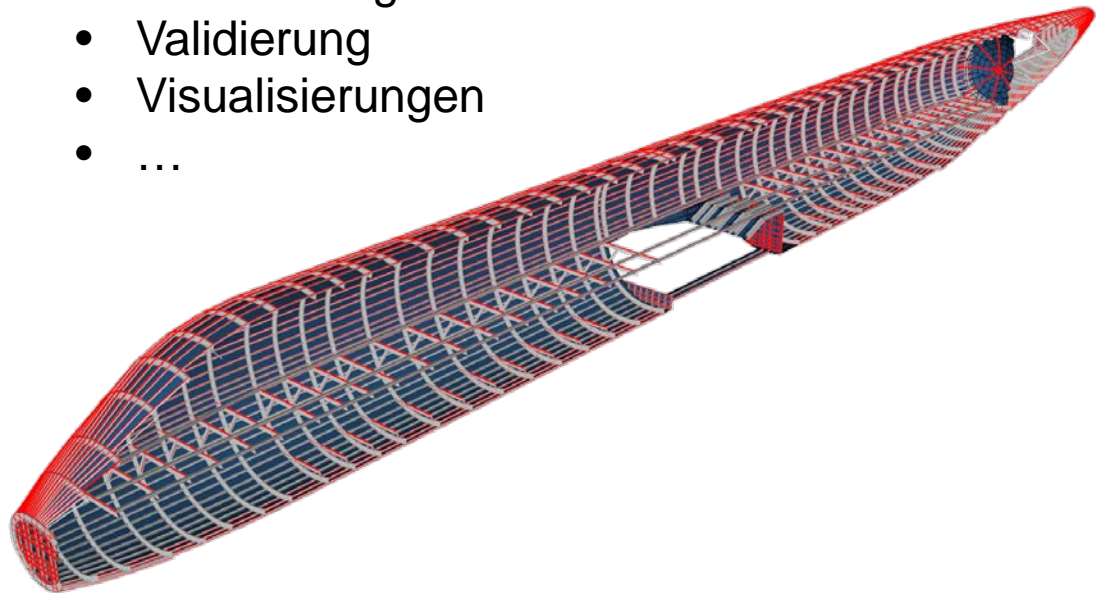
(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Basispakete

cpacs_data
visualization_tools
math_functions
geometry_core
cpacs_geometry
fe_pyprep

- FE (Finite Elemente) Daten verwalten
 - Balken, Schalen,... erstellen
 - Ausschnitte
 - Orientierungen
 - Validierung
 - Visualisierungen
 - ...



4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Spezifische Pakete

cpacs_predesign

fe_converter

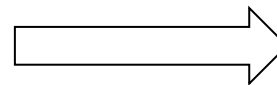
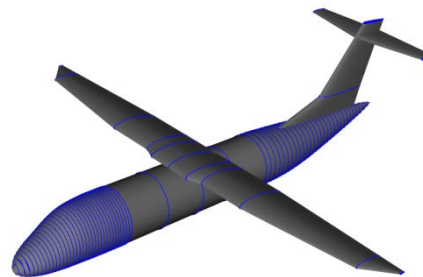
fe_sizer

cpacs_gfem

- Vollständige CPACS Daten aus Inputparametern Extrapolieren

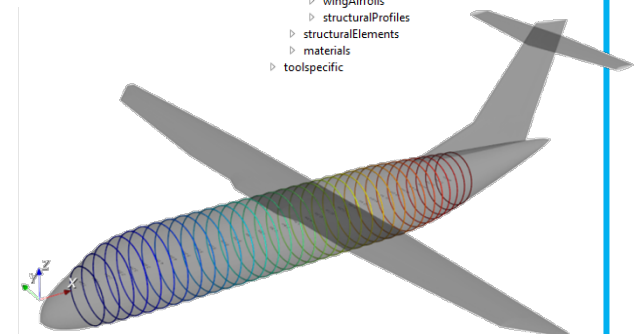
```

CPACS
├── header
├── vehicles
│   └── aircraft
│       └── model
│           └── DO328
│               ├── name
│               ├── description
│               ├── reference
│               └── fuselages
│                   └── fuselage
│                       └── DO328_FL1
│                           ├── name
│                           ├── description
│                           ├── transformation
│                           ├── sections
│                           ├── positionings
│                           └── segments
└── wings
    └── profiles
        └── toolsspecific
    
```



```

CPACS
├── header
├── vehicles
│   └── aircraft
│       └── model
│           └── DO328
│               ├── name
│               ├── description
│               ├── reference
│               └── fuselages
│                   └── fuselage
│                       └── DO328_FL1
│                           ├── name
│                           ├── description
│                           ├── transformation
│                           ├── sections
│                           ├── positionings
│                           └── segments
│                               └── structure
│                                   ├── frames
│                                   ├── stringers
│                                   └── pressureBulkheads
│                                       ├── pressureBulkhead
│                                       ├── pressureBulkhead
│                                       ├── cargoCrossBeams
│                                       └── skinSegments
└── wings
    └── profiles
        ├── fuselageProfiles
        ├── wingAirfoils
        ├── structuralProfiles
        ├── structuralElements
        ├── materials
        └── toolsspecific
    
```



4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Spezifische Pakete

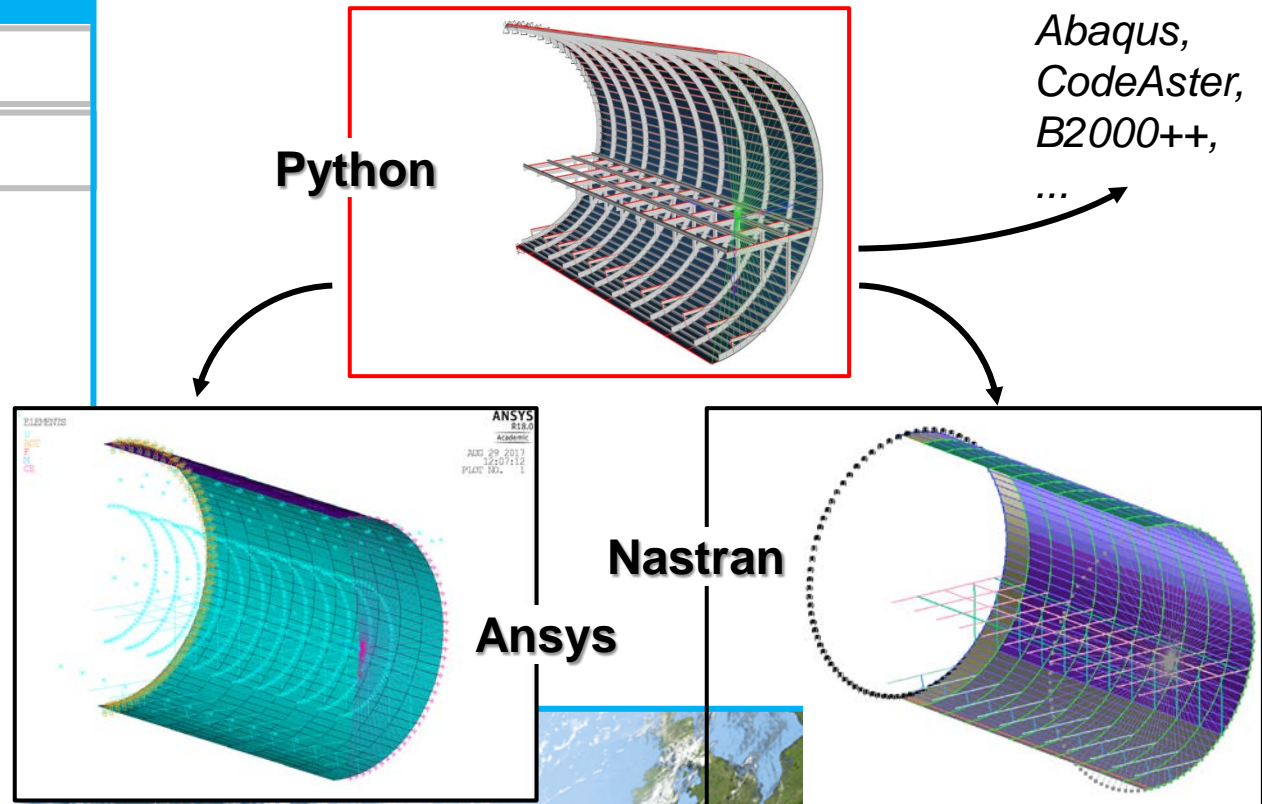
cpacs_predesign

fe_converter

fe_sizer

cpacs_gfem

- FE-Daten schreiben/lesen (für spezifische Löser)



4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Spezifische Pakete

cpacs_predesign

fe_converter

fe_sizer

cpacs_gfem

- FE-Struktur Dimensionierungs Algorithmus

Kriterien bisher:

- Hautfeld-Beulen (Bruhn) – Schalen
- max. Spannung (v. Mises) – Schalen, Balken



4. Toolumgebung PANDORA

(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

Spezifische Pakete

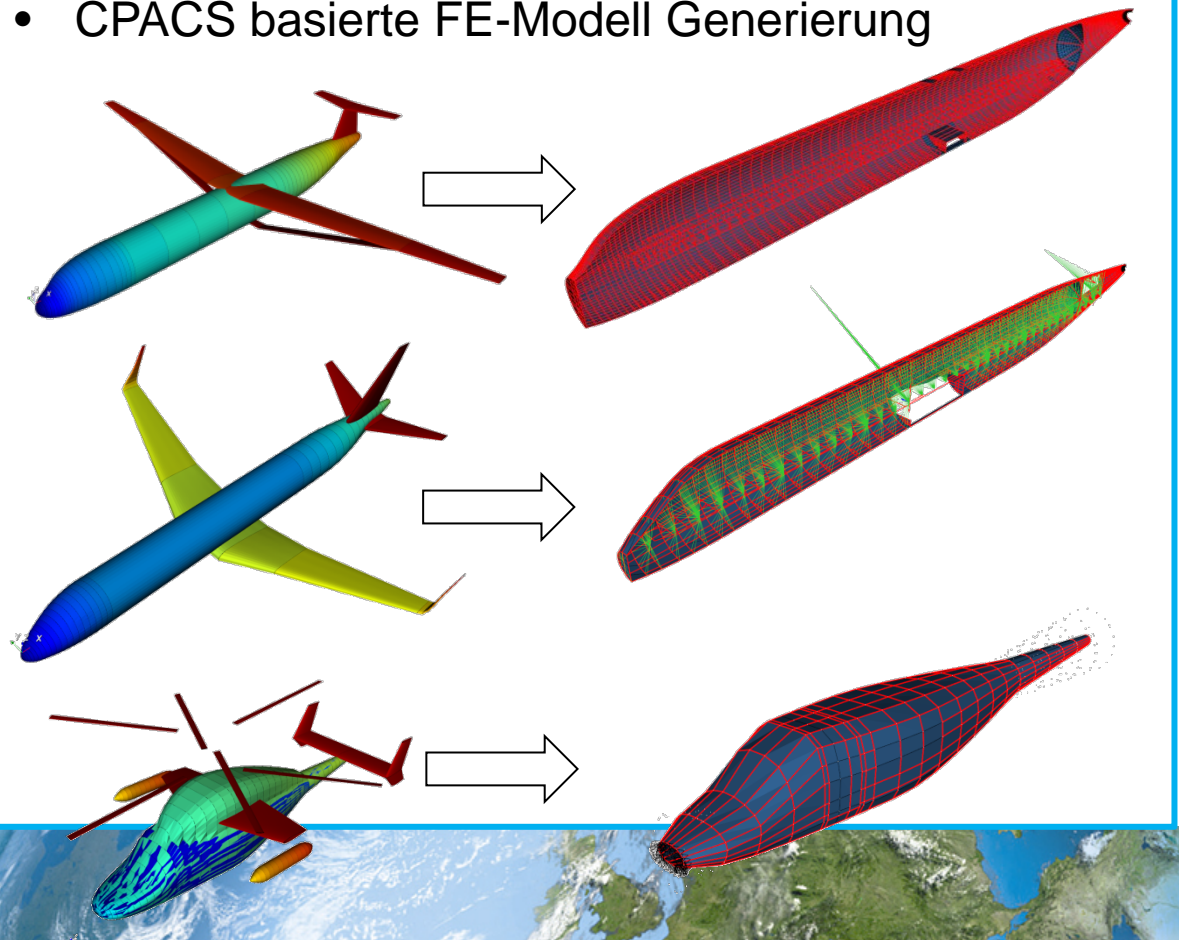
cpacs_predesign

fe_converter

fe_sizer

cpacs_gfem

- CPACS basierte FE-Modell Generierung



4. Toolumgebung PANDORA

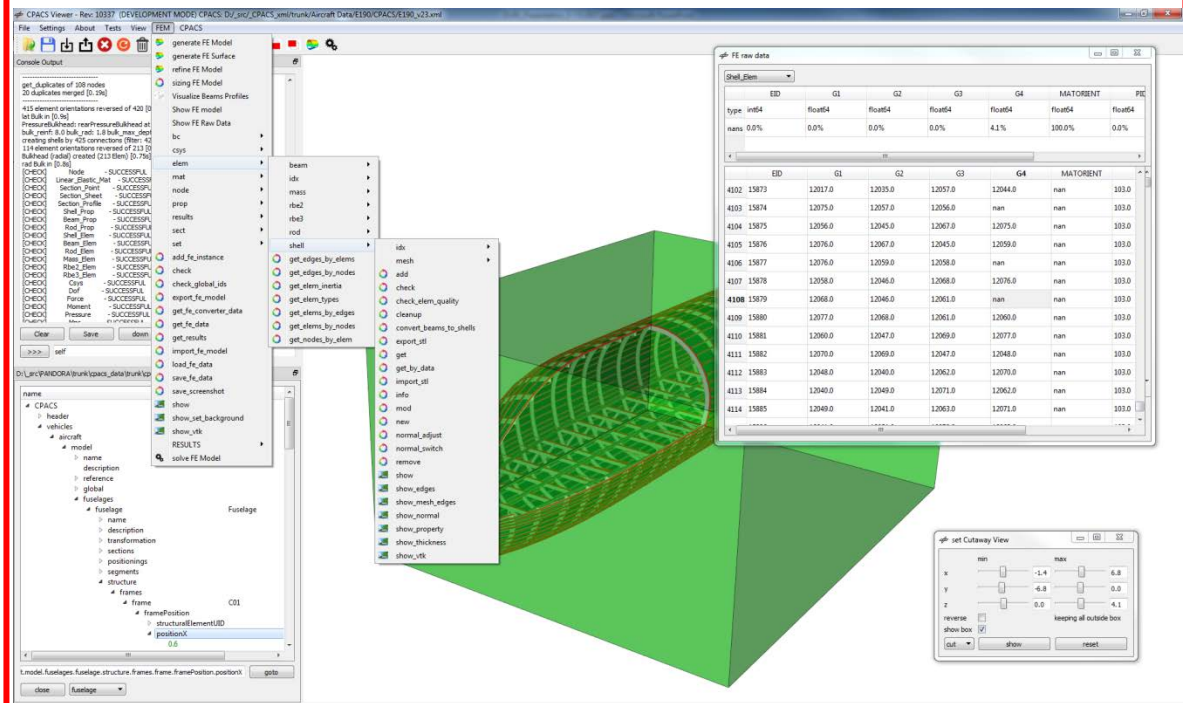
(Parametric Numerical Design and Optimization Routines for Aircraft)

Pakete der Toolumgebung:

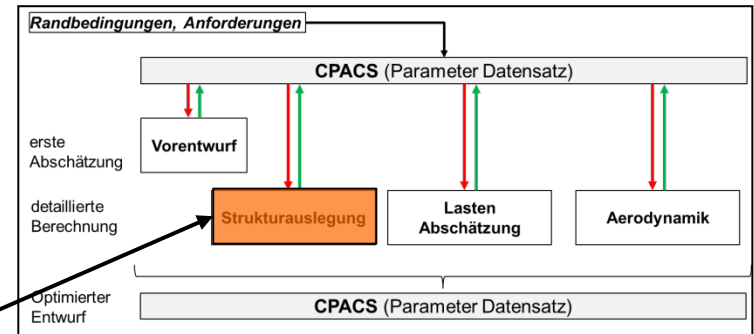
Anwendung

main

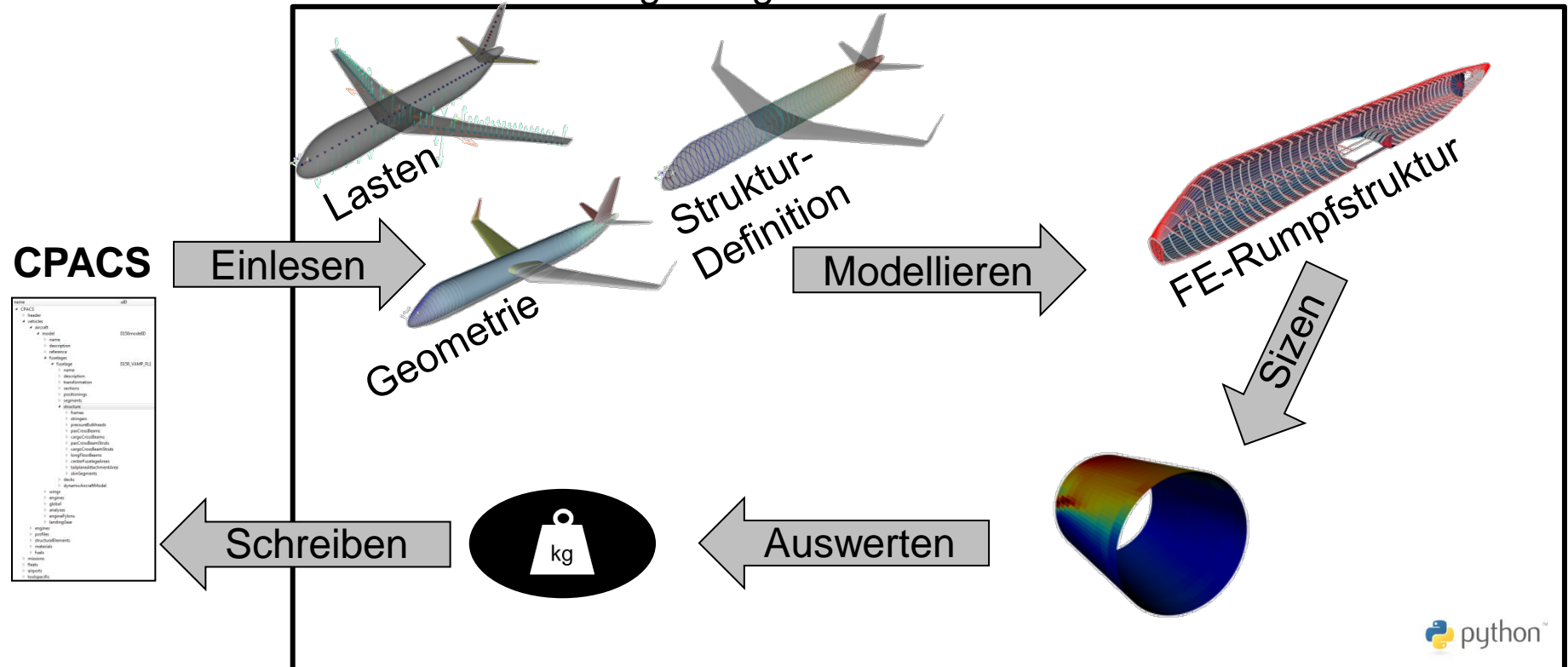
- GUI, Prozess-Steuerung



5. Zusammenfassung



PANDORA Toolumgebung*



6. Ausblick

PRIMÄRES ENTWICKLUNGSZIEL

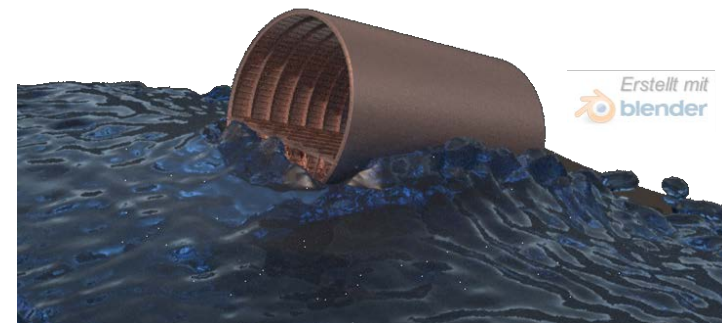
- Massenabschätzung Rumpfstruktur

ENTWICKLUNGSSCHRITTE

- Schnittstellen zu CPACS vereinfachen
- Automatisierte FE Modell Generierung
- Schnittstelle zu FE-Lösern
- Dimensionierung der FE-Struktur

ZUKÜNFTIGES ENTWICKLUNGSPOTENTIAL

- Detaillierte Crash/Ditching Modelle
- Weitere Dimensionierungs-Kriterien
- Optimierung der Struktur
- Ausbau der GUI



MICHAEL PETSCH (MICHAEL.PETSCH@DLR.DE)

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT (DLR)

INSTITUT FÜR BAUWEISEN UND STRUKTURTECHNOLOGIE (BT)

PFÄFFENWALDRING 38-40 | 70569 STUTTGART

TEL.: +49 711 6862 368

Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!